

小土被りの脆弱地山における切羽前方探査に基づく補助工法の施工に関する一考察

(株)鴻池組 大阪本店 寺山トンネル工事 正会員 ○山田 浩幸

(株)鴻池組 大阪本店 寺山トンネル工事 山本 浩志

(株)鴻池組 大阪本店 寺山トンネル工事 北野 敬太

(株)鴻池組 大阪本店 寺山トンネル工事 藤田 浩史

1. はじめに

寺山トンネル起点側坑口部は 1D 程度 (D：トンネル幅 14m) の小土被りが 180m も続き、地表面は一部、沢地形や偏圧地形を呈していた。地質的にも砂岩の玉石 (人頭大) を含む泥岩主体の混在岩 (メランジェ) であり、スレーキング性が高く破碎質で脆弱な状況であった。トンネル掘削時には、天端の安定対策として採用した小口径注入式長尺鋼管フォアパイリング施工時データに基づく切羽前方予測を行い、追加対策を検討・実施した。

本稿では、起点側小土被り区間における切羽前方探査結果に基づく補助工法の施工について述べる。



写真-1 長尺鋼管フォアパイリング施工状況

2. 工事概要

寺山トンネルは、現在建設中の中村宿毛道路の一部、延長 L=485m の山岳トンネル工事である。終点側坑口から約 75m 付近に土被り 9m (0.7D：D は掘削幅) 程度の沢部 (区間長 L=30m) があり、起点側坑口部は約 180m にわたり土被り 1D 程度の区間が連続している。

事前の地質踏査の結果や終点側掘削時の地山状況から、起点側坑口部も当初より脆弱な地山であることが想定されたため、写真-2 に示す切羽前方探査を行い、その結果に基づき補助工法 (小口径鋼管長尺フォアパイリング、鏡吹付、長尺鏡ボルト、早期閉合等) を検討・実施した。

表-1 に工事概要一覧を示す。

- なお、本トンネルの地形・地質の特徴を以下にまとめた。
- ①終点側坑口部からトンネル延長 70m 付近の沢部にかけて地表に崩落地形が多く存在し、土被りも小さく、地質は石灰質混じりの泥岩地山で亀裂が発達し、脆弱な状態で部分的に 50L/min 程度の湧水があった。
 - ②トンネル中間部から起点側坑口部にかけては、リニアメント (線状の地形の特徴) に一致する沢地形が多く存在し、トンネルの地山は砂岩の玉石を含む泥岩で亀裂が細かく、破碎質な状態で掘削時の緩みの影響を受けやすい地質であった。

表-1 工事概要一覧

工 事 名 称	中村宿毛道路 寺山トンネル工事
工 事 場 所	高知県宿毛市平田町中山地先
工 期	平成29年3月～平成30年10月
発 注 者	国土交通省 四国地方整備局
施 工 者	株式会社 鴻池組
工 事 内 容	延 長 L=485m
	断 面 掘削断面積A=105.7㎡ (盤下げ含む) 2車線道路トンネル
	施 工 法 NATM
	掘 削 方 式 機械掘削 (ロードヘッダ)
	掘 削 工 法 DⅢバターン、DⅠバターン (補助工法併用)
	補 助 工 法
	天端安定対策：小口径長尺鋼管フォアパイリング (L=12.5m, φ76.3mm, @450mm, 打設間隔9m) 小口径長尺鋼管フォアパイリング (多段式) (L=13.5m, φ76.3mm, @450mm, 打設間隔5m)
	鏡面の安定対策：鏡吹付 (t=50mm) 長尺鏡ボルト (L=13.5m, φ76.3mm, @1.5m, n=6本/断面) 脚部の安定対策：YMウィングコーン (φ485mm) 吹付けインパルト (t=200mm,)



写真-2 切羽前方探査 実施状況

キーワード 山岳トンネル, 小土被り, 前方探査, 補助工法, 数値解析

3. 切羽前方探査による地質予測

前述のとおり、事前地質踏査結果および事前の地質調査結果から判断すると、起点側坑口部は、土被りも小さく地山自体が脆弱であり、湧水の発生も懸念された。また、1D程度の小土被りが長く続き、上部には沢地形や偏圧地形が存在していることから、トンネル掘削時の緩みの影響が懸念された。

地山が破碎質で脆弱であり、トンネル掘削時に不測の切羽（鏡面）の肌落ち等も見られたため、危険予知および補助工法の事前検討（採用区間等）・妥当性確認のため、トンネル掘削に先行して切羽前方探査を実施した。

終点側では、トンネル切羽面で3箇所（天端、左右）L=30mの穿孔を行ったが、起点側では当初より補助工法が計画されていたため、補助工法施工時の穿孔データを用いた切羽前方探査を行い、詳細な地質予測を実施した。

また、探査の評価精度を高める目的で、切羽前方探査により得られた穿孔エネルギーを指標にして、穿孔エネルギーから三次元クリギング法を用いて穿孔エネルギーの空間予測を行い、次に、指定した領域に対してボクセルモデル（三次元解析メッシュ）を生成し、穿孔エネルギーの空間予測結果から各節点（座標）に該当する穿孔エネルギー値を付与する。最終的に、三次元統合可視化ソフトのポスト機能を用いて、解析結果として穿孔エネルギー分布を三次元で表現した。

図-1に切羽前方探査の精度向上手順を示す。

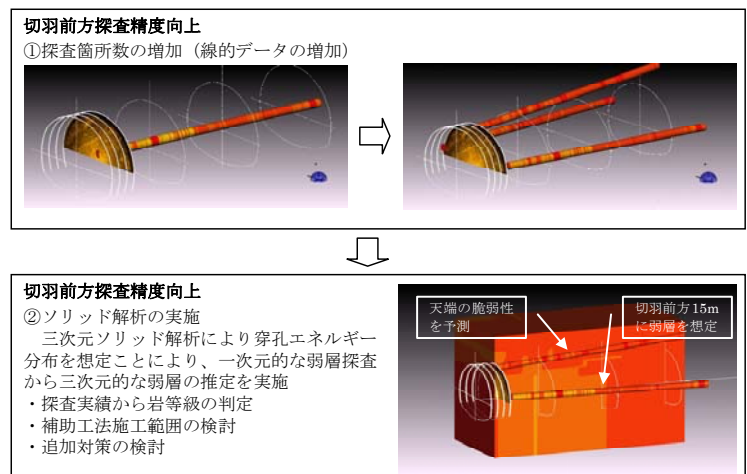


図-1 切羽前方探査の精度向上

4. 補助工法の設計と施工

終点側では当初設計に基づき、小口径長尺鋼管フォアパイリングに関しては、1シフト9m、31本/断面（現設計）で施工した。しかしながら、本トンネルの縦断勾配が2%のつつこみであり、上向き7度で削孔するため、天端の安定は確保できるものの、先受け鋼管下の地山が肌落ちし、結果的に余掘りとなった。

この課題を改善するため、図-2に示すように、鋼管長を1m長くしてラップ長3.5mを確保した上で、1シフト5mとし、15本/断面と16本/断面を交互に施工することで多段式にすることにより余掘りの低減を図った。また、鋼管の配置を多段式とすることで、注入による改良ゾーンが拡がりトンネル周辺地山の改良を確実に実施することができた。

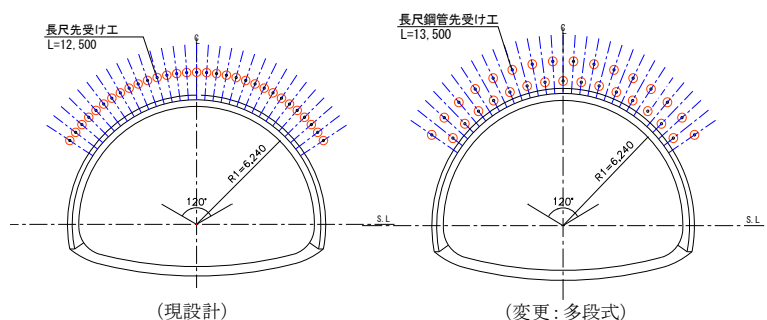


図-2 長尺鋼管打設パターン

5. おわりに

平成30年3月末現在、トンネルの施工は破碎質な脆弱地山において、補助工法として小口径注入式長尺鋼管フォアパイリング、長尺鏡ボルト及び吹付けインバートによる早期閉合を併用することで約360mの掘削を完了している。

今後も1D程度の小土被りの地山が続くが、切羽前方探査の結果を踏まえて、安全に留意して掘削を行う所存である。

今回の報告が、同様の地山条件におけるトンネルの施工に参考になれば幸いである。



写真-3 掘削状況(DI-bパターン)